

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 01-179488

(43)Date of publication of application : 17.07.1989

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 63-002203

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 07.01.1988

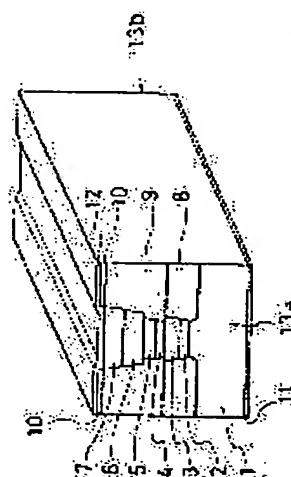
(72)Inventor : FUJIWARA MASAHIKO  
NISHI KENICHI

## (54) OPTICAL AMPLIFIER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To realize an optical amplifier large in gain band width by a method wherein an active layer comprising two or more quantum well structures different from each other in well thickness is provided to a semiconductor laser type optical amplifier.

**CONSTITUTION:** A buffer layer 2 formed of an n-type A GaAs/AlGaAs multiple quantum well(MQW) layer 2, an n-type A GaAs clad layer 3, an MQW active layer 4, a p-type AlGaAs intermediate layer 5, a p-type AlGaAs clad layer 6, and a p-type A GaAs cap layer 7 are formed on an n-type GaAs substrate 1. The above MQW active layer 4 is composed of five periods of GaAs barriers and GaAs well layers different from each other in quantum well thickness. By these processes, a gain property constant over a wide frequency range can be obtained. And, a quantum well structure being employed, the efficiency of the carrier density toward an injecting current can be made high and an amplifier of this design can be operated with a low current.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A) 平1-179488

⑪ Int. Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑬ 公開 平成1年(1989)7月17日

H 01 S 3/18

7377-5F

審査請求 未請求 請求項の数 2 (全5頁)

⑭ 発明の名称 光増幅器

⑮ 特 願 昭63-2203

⑯ 出 願 昭63(1988)1月7日

⑰ 発 明 者	藤 原 雅 彦	東京都港区芝5丁目33番1号	日本電気株式会社内
⑱ 発 明 者	西 研 一	東京都港区芝5丁目33番1号	日本電気株式会社内
⑲ 出 願 人	日本電気株式会社	東京都港区芝5丁目33番1号	
⑳ 代 理 人	弁理士 本庄 伸介		

明 細 書

1. 発明の名称

光増幅器

2. 特許請求の範囲

1. 半導体材料による活性層と、入出力光信号を結合するための入出射端面とを有する半導体レーザ型の光増幅器において、前記活性層が、互いに井戸厚の異なる複数の量子井戸構造を含むことを特徴とする光増幅器。
2. 半導体材料による活性層と、入出力光信号を結合するための入出射端面とを有する半導体レーザ型の光増幅器において、前記活性層が井戸層またはバリア層のうちの少くとも一方の組成が異なる複数の量子井戸構造を含むことを特徴とする光増幅器。

3. 発明の詳細な説明  
(産業上の利用分野)

本発明は、光通信装置や光交換装置において光信号を増幅するのに用いられる光増幅器に関する。  
(従来の技術)

光信号を一旦電気信号に変換し、さらにこの電気信号を光信号に変換するいわゆる光-電、電-光変換を介さずに増幅する光増幅器は、光ファイバ伝送系、光交換系の性能を向上させるものとして期待されている。光増幅器の実現手段としてはラマン、ブリュアン等の光ファイバ内の非線形散乱を利用する方法も考えられるが、小型、低消費パワー、構成が簡易等の点から、半導体レーザ(LD)の利得機構を利用したLD光増幅器が望ましい。

LD光増幅器には大別して、ファブリ・ペロー(F・P)、DFB LDをそのまましきい値以下のバイアス状態で用いる共振型と、F・P型の端面反射率をARコート等により低減し、発振を抑制した進行波(TW)型とがある。進行波型は共振型に比べ利得波長帯域が広く、温度変動に対し安定に動作させることができ、利得飽和や雑音

特性の面でも優れた特性が期待できる。このため  
進行波半導体レーザ型光増幅器(TW・LD光増  
幅器)が広く研究されている。

TW・LD光増幅器の活性層の構造には通常の  
二重ヘテロ構造(DH)を用いることが多いが、  
多重量子井戸(MQW)構造を用いることも可能  
である。MQW・LDはDH・LDに比べ電流増  
加に対する利得係数増大の割合が大きい。そこで、  
端面にARコートを施しTW・LD光増幅器とし  
た場合にも非常に低い電流で高い利得が得られる。  
また、活性層が薄く、光閉じ込め係数を小さくで  
きるから、飽和光出力強度が改善されるという利  
点もある。

(発明が解決しようとする課題)

MQW構造の活性層では、伝導帯、禁制帯内の  
エネルギー状態が量子化され、その準位間で遷移が  
起きる。このためDH構造に比べ利得スペクトラ  
ムの波長幅が狭くなる。端面反射率を十分に抑圧  
したTW・LD光増幅器では、その利得帯幅は  
活性層材料の利得帯幅で決定される。従って、

(作用)

本発明は量子井戸構造の実効的なバンドギャ  
ップが井戸層の厚み、及び井戸層またはバリア層  
の組成により制御できることを利用している。ま  
ずGaAs/AlGaAs系量子井戸構造を例に、  
この点につき簡単に説明する。

第3図はGaAs/AlGaAs系単一量子井  
戸(SQW)構造のエネルギー・バンド図である。  
GaAs井戸層をAlGaAsバリア層で  
はさんだ構造であり、簡単のためバリア層厚を無  
限大としている。このGaAs井戸内で電子、正  
孔のエネルギーが量子化され離散的なエネルギー  
準位を形成する。このSQW構造の実効的なバンド  
ギャップは第3図に示すような、基底準位間のエ  
ネルギー差で決定される。

ところで、電子、正孔の量子化されたエネルギー  
準位は井戸のポテンシャル深さ及び井戸厚によっ  
て決定される。つまり井戸およびバリア層の組成  
ならびに井戸層厚により実効的なバンドギャップ  
を制御することができる。第4図はGaAsを井

TW・MQW・LD光増幅器の利得帯幅は、通  
常のDH構造活性層を持つTW・DH・LD光増  
幅器に比べ可成り狭いものとなる。このことは波  
長多重(WDM)された光信号の増幅を考える時  
には大きな問題となる。

本発明の目的は上述の問題点を除き利得帯幅  
の広い光増幅器を提供することにある。

(課題を解決するための手段)

本願の第1の発明による光増幅器は、半導体材  
料による活性層と、入出力光信号を結合するため  
の入出射端面とを有する半導体レーザ型の光増幅  
器において、前記活性層が、互いに井戸厚の異な  
る複数の量子井戸構造を含むことを特徴とする。

また、本願の第2の発明による光増幅器は、半  
導体材料による活性層と、入出力光信号を結合す  
るための入出射端面とを有する半導体レーザ型の  
光増幅器において、前記活性層が井戸層またはバ  
リア層のうちの少くとも一方の組成が異なる複数  
の量子井戸構造を含むことを特徴とするものであ  
る。

戸とするGaAs/AlGaAs系SQW  
の井戸厚とバンドギャップ波長(バンドギャップ  
・エネルギーに対応した波長の波長)の関係を計算  
したものである。井戸厚及びバリアの組成を変え  
ることにより500 Åに渡り、バンドギャップ波長  
を制御できる。このようなSQWを活性層内に持  
つLD光増幅器はそのバンドギャップ波長近傍に  
利得スペクトラムのピークを持つことになる。

井戸の厚みLはド・ブロイ波長程度以下にし  
ないと量子サイズ効果が顕著に現れないため、通  
常150 Å程度以下である。一方光の導波層でもあ  
る活性層の厚みは通常1000~2000 Åである。従っ  
て活性層内に複数の量子井戸を持つMQW・LD  
が可能になる。このMQW・LDで各井戸の厚み  
又は井戸若しくはバリアの組成を少しずつ異なら  
せておけば各井戸では異なる波長に利得ピークを  
持つ。活性層を導波される光は各井戸構造での利  
得作用をそれぞれ受けることになる。このような  
MQW・LDをLD光増幅器として用いれば各  
井戸での利得スペクトラムが重ね合され全体とし

て仮めて平坦な利得スペクトラムが得られる。第5図は活性層が4つの異なる厚みの量子井戸から成るMQW・LD光増幅器の利得スペクトラムを模式的に示したものである。このような構造をとることにより、第5図に示したように、一つの構造の量子井戸を用いただけでは得られなかった広い利得帯域が実現できる。

#### (実施例)

第1図は本発明の一実施例の構造を示す斜視図である。ここでは量子サイズ効果が最も顕著に現れるGaAs/GaAlAs系材料を用いた場合について説明する。

まず第1図に示した光増幅器の構造をその製作方法とともに説明する。n-GaAs基板1の上に、バッファ層となるn-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As / n-GaAs多重量子井戸(MQW)層2、n-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asクラッド層3、MQW活性層4、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As中間層5、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asクラッド層6、p-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asキャップ層7をMBE法に

より連続成長する。次にフォトリソグラフィ法、化学エッチングを用いて、ストライプ状にn-GaAs基板1に達するエッチングを行う。次にLPE法により、このストライプをp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層8、n-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As層9により埋め込む。この際、中間層5の存在により、埋め込み層8、9によるp-n接合位置は活性層4の下に自動的に決定される。この構造はBCM構造として知られており、この成長法の詳細は電子通信学会昭和59年総会全国大会論文集1016番(1984)に述べられている。

ここで用いたMQW活性層はGaAs井戸層、Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asバリアの5周期から成っている。GaAs井戸層の厚みは50、75、100、125、150 Å、バリア層の厚みは170 Åとした。各層はすべてノンドープ層である。

次に、p側に電流狭帯のためのSiO<sub>2</sub>ストライプ10を形成した上で、n側、p側にそれぞれ電極11、12を形成する。へき開により形成した入出力端面13a、13bには、それぞれプラズマCVD

によりSiN<sub>2</sub> ARコート(第1図では図示していない)膜を形成し、進行波型LD光増幅器とした。デバイスの長さは約250 μmとした。

第2図は、本実施例の動作を説明するための図であり、第1図に示した実施例の光軸に沿い、かつ基板に垂直な面での断面図を示している。第2図にはARコート膜14a、14bを示した。この試作サンプルでは、ARコート膜の発振しきい値は>100 mAであった。活性層4に入射光を結合するためおよび光信号を取り出すため先端ファイバ21a、21bを用いている。電極11、12間に順バイアスを印加すると、活性層4中の利得が上昇し増幅機能が得られる。

この実施例では、活性層4に互いに厚みの異なる5種類の量子井戸を含んでいるから、810~850 nmの広い波長範囲にわたり平坦な利得特性が得られる。しかも量子井戸構造をとっているから注入電流に対するキャリア密度の効率が高く、低電流で動作できる。

本実施例では各量子井戸で井戸厚L<sub>i</sub>を変化さ

せたが、同様の効果は井戸およびバリアの組成を互いに異ならせても得ることができる。また、ここでは井戸層に垂直な方向に電流を注入する構造をとったが、TJS構造等の横方向にキャリアを注入する構造も可能である。この場合には各井戸を均一に励起できるという利点がある。

本実施例ではGaAs/GaAlAs系材料を用いて説明したが、量子サイズ効果が得られる材料系であれば本発明の適用が可能なのは明らかである。デバイス構造も実施例で示したBCM構造だけでなく、通常のLDで用いられている縦モード制御構造を採用することも全く問題ない。

#### (発明の効果)

以上に詳しく説明したように、本発明によれば利得帯域幅の非常に広い光増幅器が得られる。

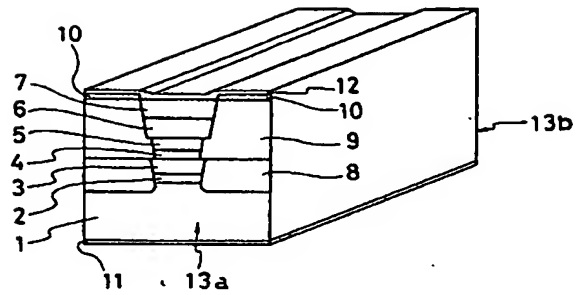
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明による光増幅器の一実施例を示す斜視図、第2図は光軸に沿い基板に垂直な面における第1図実施例の断面図、第3図はGaAs

AlGaAs系単一量子井戸(SQW)構造のエネルギー・バンド図、第4図はGaAsを井戸とする第3図のSQWにおいて計算により得た井戸厚とバンドギャップ波長との特性図、第5図は活性層が4つの異なる厚みの量子井戸からなるMQWLD光増幅器の利得スペクトラムを模式的に示す特性図である。

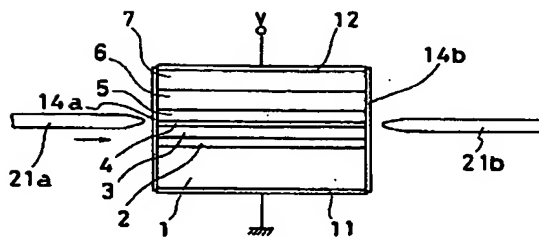
1…基板、2…多重量子井戸(MQW)層、3、6…クラッド層、4…MQW活性層、5…中間層、7…キャップ層、8、9…埋め込み層、10…SiO<sub>2</sub>ストライプ、11、12…電極、13a、13b…入出力端面、14a、14b…ARコート膜、21a、21b…先端ファイバ。

代理人 弁理士 本庄伸介



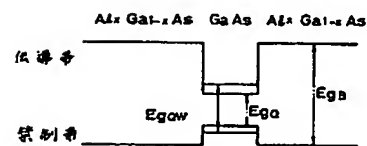
1 …… n-GaAs 基板  
3 …… n-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As クラッド層  
4 …… MQW 活性層  
6 …… p-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As クラッド層

第 1 図

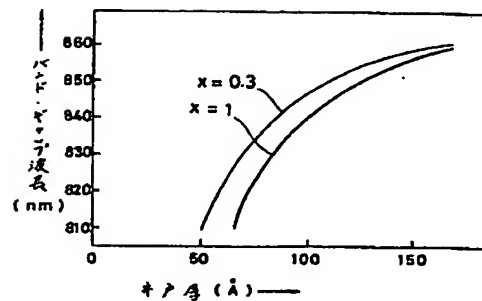


1 …… n-GaAs 基板  
3 …… n-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As クラッド層  
4 …… MQW 活性層  
6 …… p-Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As クラッド層  
14a, 14b …… AR コート膜  
21a, 21b …… 先端ファイバ

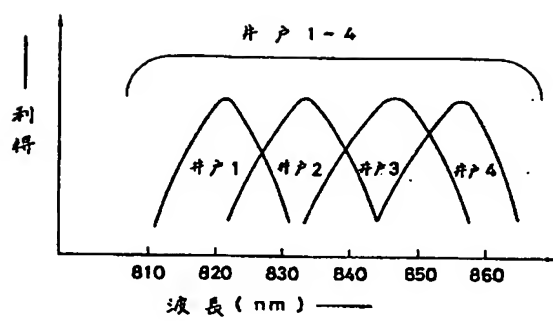
第 2 図



第 3 図



第 4 図



第 5 図